



PRUEBA PILOTO DE SISTEMA DE MEDICIÓN DE VARIABLES FISIOLÓGICAS SENSIBLES AL ESTRÉS: EXPERIMENTO CON JÓVENES BAJO CIRCUNSTANCIAS DE ESTRÉS

J. J. L. Henríquez¹, D. A. Alegría Bernal¹, O. A. Valencia², G. E. Cortés², A. E. Vásquez², R. A. Canizales², A. G. Molina¹ y H. Escobar²

¹Departamento de Psicología y Salud Pública, UCA, San Salvador, El Salvador

²Departamento de Electrónica e Informática, UCA, San Salvador, El Salvador

Teléfono (503) 20106600 E-mail: jhenriquez@uca.edu.sv

Resumen — El estrés es un tema de interés hoy en día debido a su alta persistencia y su relación con enfermedades crónicas y otros hallazgos que la ciencia actual ha permitido saber. Con el interés de conocer la presencia de estrés a través de sus manifestaciones, se ha diseñado un sistema electrónico e informático que mide las respuestas fisiológicas al estrés: frecuencia cardíaca (FC, frecuencia cardíaca), presión arterial (PA, presión arterial) y actividad electrodérmica (EDA)) Esta es una investigación explicativa de un tipo experimental con dos niveles de variable independiente (presencia de estresor y ausencia de estresor), que consta de ocho participantes. Los resultados de las diferencias identificadas entre el control y los grupos experimentales, especialmente en la medición de la presión arterial sistólica y diastólica; y dentro del grupo experimental difieren en el EDA entre el momento anterior y la exposición al factor estresante, así como en la PA sistólica entre el momento de exposición al factor estresante y el posterior.

Palabras Clave – Informático, sensor, inalámbrico, interfaz.

Abstract — Stress is a topic of interest today due to its high persistence and its relationship with chronic diseases and other findings that current science has allowed to know. With the interest of knowing the presence of stress through its manifestations, an electronic and computer system that measures physiological responses to stress has been designed: heart rate (HR, heart rate), blood pressure (BP, blood pressure) and Electrodermal Activity (EDA). This is an explanatory investigation of an experimental type with two levels of independent variable (presence of stressor and absence of stressor), consisting of eight participants. The results of the differences identified between the control and experimental groups, especially in the measurement of systolic and diastolic BP; and within the experimental group they differ in the EDA between the previous moment and the exposure to the stressor, as well, as in the systolic BP between the moment of exposure to the stressor and the subsequent one.

Keywords — Computer, sensor, wireless, interface.

I. INTRODUCCIÓN

El estrés ha sido un tema de interés a las ciencias sociales y físicas debido a su alta presencia en la población general y, principalmente, adulta. Algunas de las mediciones que con más frecuencia se han utilizado para determinar el nivel o grado de estrés en el que se encuentra una persona han sido evaluaciones de auto-completado. El problema con este tipo de

mediciones es la transversalidad de la experiencia subjetiva en cada compleción. La variabilidad de las circunstancias que rodean a la sensación de estrés y cómo es interpretado por cada persona es demasiado alta y por ello no es considerado como una medida de precisión, sino una de referencia personal [2].

Las medidas de mayor fiabilidad sobre la presencia de estrés son las que involucran las respuestas fisiológicas de activación, tales como: frecuencia cardíaca (HR), variabilidad de la frecuencia cardíaca [5], presión arterial sistólica y diastólica (BPsis/días) [4], la actividad electrodérmica (EDA); y otros como la frecuencia respiratoria, la actividad eléctrica cerebral, la presencia de cortisol en sangre, la dilatación de las pupilas, etc. [3]. La EDA ha sido considerada como la variable más sensible a las respuestas de activación como el estrés, sin embargo, esta puede estar sujeta a condiciones específicas contextuales o individuales [7]. Para efectos de la presente se consideraron HR, BP sistólica y diastólica (BPsis/días) y EDA.

En la Sección II se describen el hardware y software implementados en la presente investigación. Luego, en la Sección III se describe la prueba piloto llevada a cabo con 8 personas voluntarias, quienes participaron en etapas de pre-estrés, exposición al estrés, y post estrés. Durante las mismas, se realizaron mediciones de su presión arterial, ritmo cardíaco y resistividad de la piel. Finalmente, en las Secciones IV y V se presentan y analizan, respectivamente, los resultados de las mediciones realizadas en la prueba piloto mencionada de las variables fisiológicas indicativas de la presencia de estrés.

II. SISTEMAS ELECTRÓNICOS Y VIRTUALES IMPLEMENTADOS

A. Construcción del dispositivo medidor de variables.

En orden de capturar las señales fisiológicas (presión arterial, ritmo cardiaco, resistividad de la piel y señal de electrocardiograma) se utilizan sensores diseñados especialmente para la captura de información ya que estas mediciones se vinculan directamente con el funcionamiento del sistema nervioso autónomo y las distintas reacciones fisiológicas que controla en sus respuestas de huida o relajación.

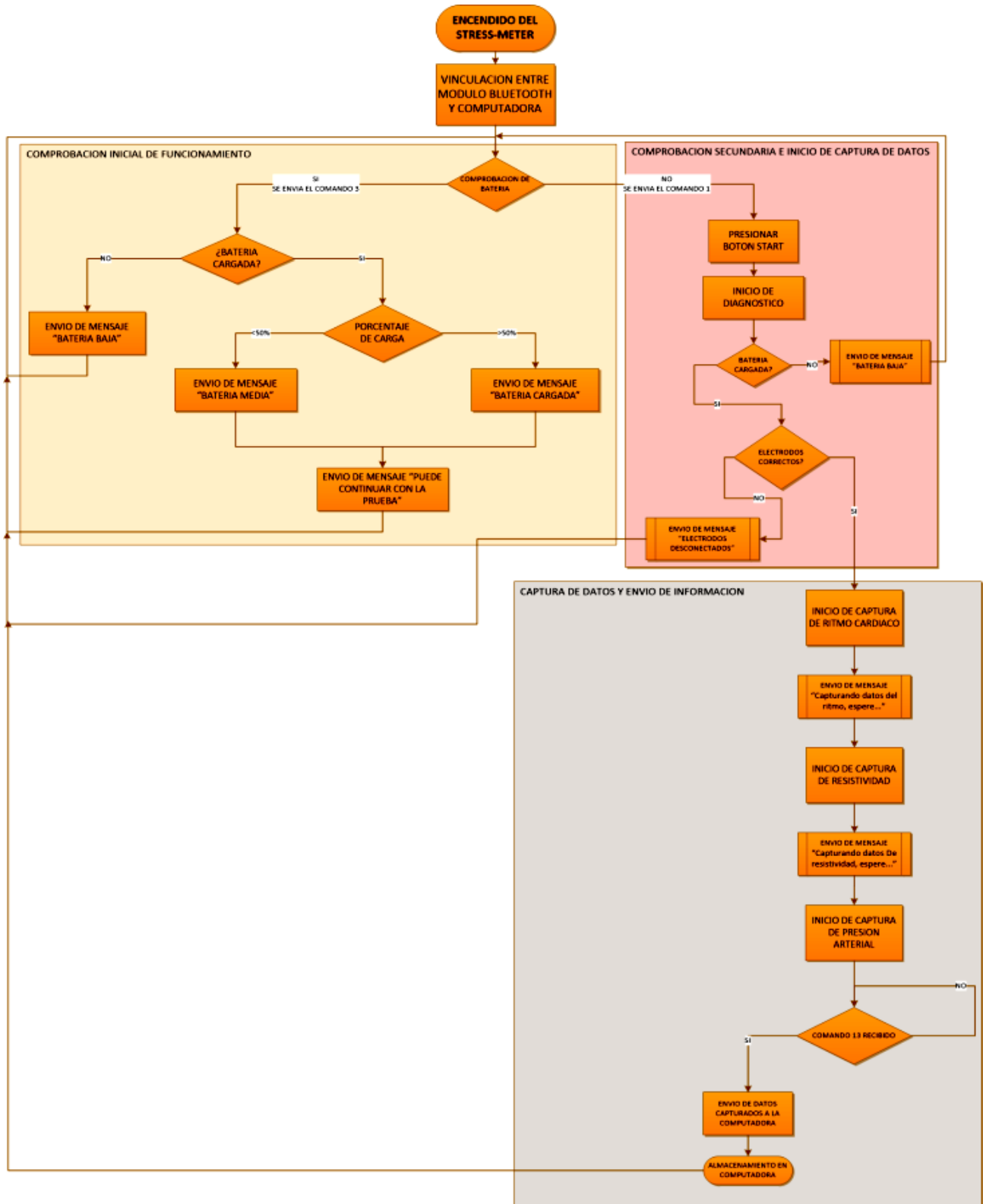


Fig. 1. Diagrama de flujo del funcionamiento básico del Stress-meter.



Para ello, se construyó un dispositivo llamado **Stress-Meter** que realiza el monitoreo, medición y transmisión de cada una de estas variables. Para construir el dispositivo se requiere de herramientas de construcción, instrumentos de procesamiento informático e instrumentos psicométricos adecuados que permitirán una medición precisa de las variables fisiológicas sensibles a los efectos del estrés.

En la (Fig. 1) se muestra la secuencia de operación y comunicación del Stress-meter dividido en 3 bloques principales:

- Comprobación inicial de funcionamiento.
- Comprobación secundaria e inicio de captura de datos.
- Captura de datos y envío de información.

Comprobación inicial de funcionamiento

El control del Stress-Meter se lleva a cabo a través de comandos enviados por el computador, su operación es muy simple, solo existen dos solicitudes de acciones, una es de diagnóstico y la otra de monitoreo de datos.

En el primer caso se solicita del computador al StressMeter, la información del estado de la batería y la condición de conexión de los electrodos conectados al cuerpo.

Captura de datos y envío de información.

La otra solicitud enviada por la PC al instrumento de medición es la orden de captura de los datos de presión arterial y frecuencia cardíaca, así como los valores obtenidos con el monitoreo de las dos señales: grafico de resistividad de la piel y forma de onda del corazón.

Posteriormente, la información es enviada de forma inalámbrica al PC para su almacenamiento y análisis.



Fig. 2. Colocación del Stress-Meter en voluntario para prueba piloto con electrodos de resistividad de la piel.

Análisis al realizar la medición de seguridad.

Son tres variables fisiológicas las que mide el aparato: presión arterial, frecuencia cardíaca y la resistividad de la piel. En esta última, la corriente que fluye por el cuerpo de una persona puede variar, así como también varía la resistencia de la piel de cada persona, sin embargo, la

corriente no alcanza el nivel de sensibilidad, esto se debe también porque el voltaje usado para la medición, aplicado por el Stress-Meter (Fig. 5) es muy pequeño, 3.3 voltios, por lo cual la medición no ofrece ningún tipo de peligro para las personas.

Validación del Stress-Meter con dispositivos comerciales.

Para verificar la precisión de las mediciones del Stress-Meter, se sometió a comparativas con equipos comerciales y aparatos de medición eléctrica y electrónica, que fuesen capaces de mostrar un alto nivel de detalle y resolución con gráficas.

Las pruebas realizadas al Stress-Meter fueron:

1. Medición de Voltajes y corrientes con Multímetro digital FLUKE 89 IV.
2. Medición de voltajes y corrientes con Multímetro digital TEKTRONIX DMM916.
3. Comparación visual de graficas de ECG y EDA con osciloscopio digital PICO-SCOPE 4444.
4. Comparación visual de graficas de ECG y EDA con osciloscopio digital TEKTRONIX TPS2000B.
5. Comparación de rangos de presiones Arteriales y ritmo cardiaco con Medidor OMRON HEM-7120 tipo brazo.
6. Comparación de rangos de presiones Arteriales y ritmo cardiaco con Medidor CK-101 de muñeca.

MEDICIÓN	SUJETO A	SUJETO B	SUJETO C	SUJETO D	SUJETO E
RITMO CARDIACO PICOSCOPE	73 BPM	77 BPM	62 BPM	75 BPM	88 BPM
RITMO CARDIACO OMRON	72 BPM	78 BPM	60 BPM	76 BPM	92 BPM
RITMO CARDIACO STRESSMETER	70 BPM	79 BPM	63 BPM	71 BPM	85 BPM
SÍSTOLE OMRON	114 mmHg	107 mmHg	112 mmHg	123 mmHg	145 mmHg
DIÁSTOLE OMRON	67 mmHg	92 mmHg	92 mmHg	83 mmHg	85 mmHg
SÍSTOLE STRESSMETER	117 mmHg	103 mmHg	115 mmHg	122 mmHg	109 mmHg
DIÁSTOLE STRESSMETER	79 mmHg	85 mmHg	87 mmHg	82 mmHg	74 mmHg

Fig. 3. Resultados de mediciones del Stress-Meter y dispositivos comerciales.

B. Software e Interfaz de Usuario.

Diseño de la estructura del código y la utilización de un patrón de diseño: Para la presente aplicación se ha utilizado el patrón de arquitectura de software Modelo-



Vista-Controlador (MVC), que separa los datos y la lógica de negocio de una aplicación de su representación y el módulo encargado de gestionar los eventos y las comunicaciones.

Para ello MVC propone la construcción de tres componentes distintos que son el modelo, la vista y el controlador; es decir que por un lado, define componentes para la representación de la información, y por otro lado para la interacción del usuario. Este patrón de arquitectura de software se basa en las ideas de reutilización de código y la separación de conceptos, características que buscan facilitar la tarea de desarrollo de aplicaciones y su posterior mantenimiento.

Las características del software son:

- ✓ Interfaz gráfica de usuario intuitiva.
- ✓ Interacción inalámbrica bidireccional con stress-meter antes y durante cada toma de datos.
- ✓ Generación de reportes PDF.
- ✓ Generación de conglomerados en formato CSV.
- ✓ Interacción con la base de datos de participantes.

(formato .CSV compatible con Microsoft Excel, SPSS y R).



Fig. 4. Pestaña de inicio de la aplicación.

En la Fig. 4 se visualiza la pantalla de inicio del software.

Proceso de toma de variables fisiológicas:

- Verifica que el stress-meter tenga niveles apropiados de batería y que los electrodos se encuentren conectados actualmente. Ver ventana derecha de la Fig. 5.
- Envío de un comando de manera inalámbrica que da la indicación para iniciar la toma de variables.
- Se espera a que el stress-meter envíe los datos.
- Almacena los datos de manera temporal.
- Muestra gráficos de las variables en tiempo real (retraso aproximado de 0.1 segundos).
- Cálculo de medianas y promedios.
- Finalmente guarda la totalidad de los datos censados en un archivo separado por comas

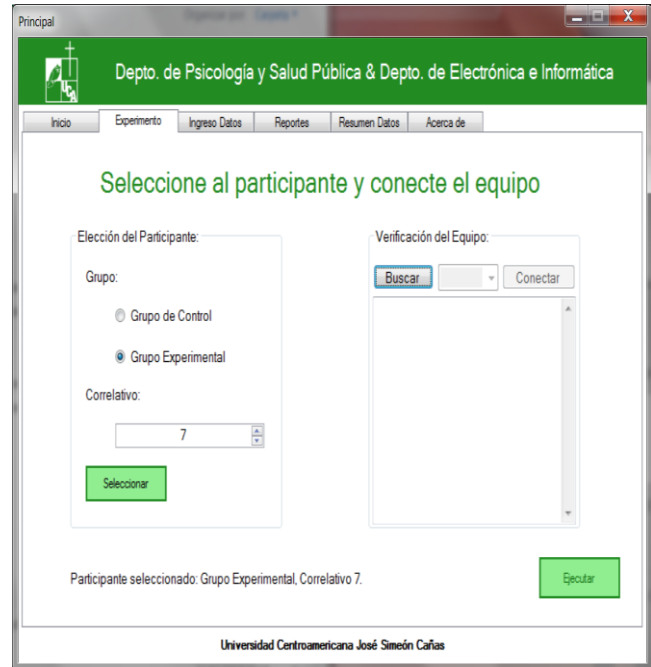


Fig. 5. Pestaña Pre-Experimento.

El Software también ofrecerá al usuario la opción de descartar y repetir” la última toma de datos, por si se presenta algún contratiempo (el sujeto se quitó o desconectó el equipo,



PARTICIPANTE Grupo: Control. Correlativo: 04.

Variables Fisiológicas del Participante

miércoles, 24 de julio de 2019; 11:41:25 a.m.

Primera toma de datos

Ritmo cardiaco:	80 pulsos/min	Normal	Rango normal:	[60, 100] pulsos/min
Presión sistólica:	85 mmHg	Optima	Rango normal:	< 130 mmHg
Presión diastólica:	61 mmHg	Optima	Rango normal:	< 85 mmHg
Resistividad de la Piel:	173 Ohm·m	Normal	Rango normal:	[0, 1000] Ohm·m
Observaciones:	ninguna.			

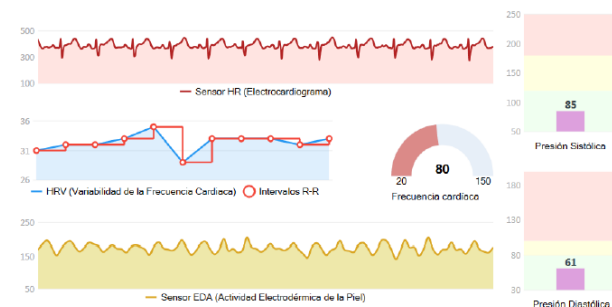


Fig. 6. Reporte de resultados de las mediciones.

el sujeto estornudó, entre otros). Además, se puede cancelar todo y volver a empezar desde el principio.

El software posee la capacidad de generar reportes PDF que resumen los datos tomados de cada participante de manera individual (ver Fig. 6). Un reporte típico posee gráficas y una tabla que compara los valores medidos con los rangos normales de dichas variables para que se tenga un punto de comparación.

Se ha mantenido comunicación constante con la representante del equipo del área de psicología, la cual ha realizado observaciones con el fin de mejorar la experiencia de usuario. Esto ha generado que varias versiones actualizadas del prototipo fueran desarrolladas. Por ejemplo, se agregó un código de colores en los reportes PDF para que el usuario visualice más fácilmente la comparación con rangos normales. Además, se redujo la cantidad de comandos que deben intercambiar la aplicación con el stress-meter con el fin de facilitar su uso.

En el último prototipo del software se agregó una gráfica generada de manera interactiva para la variabilidad en el ritmo del corazón (HRV). Esta variable ha sido correlacionada de manera exitosa con el estrés en otras investigaciones, inclusive con un porcentaje de precisión de hasta el 75% [8].

Además de la generación de medianas para el análisis estadístico que se detalla en posteriores apartados, se ha agregado al software la capacidad de generar conglomerados en formato CSV que contienen todos los datos en bruto de las variables (HRV y ECG) con el fin de poder replicar e inclusive corroborar correlaciones entre la forma de la gráfica y el estrés de la persona. Ver la figura 7.

B	C		A	B	C		A	B	C
Toma 2	Toma 3	1	Toma 1	Toma 2	Toma 3	1	Datos	Toma 1	Toma 2
32	38	2	52	98	66	2	Pulso		85
30	36	3	10	143	29	3	Presion sistolic		111
29	33	4	0	147	0	4	Presion diastolic		71
30	35	5	19	118	6	5	Mediana EDA		34
32	35	6	52	90	74	6			
32	37	7	57	95	56	7			
32	35	8	0	134	9	8			
30	34	9	0	145	0	9			
30	33	10	19	114	15	10			
33	36	11	60	93	71	11			
35		12	54	124	59	12			
34		13	13	154	1	13			
		14		145	2	14			

Fig. 7. Archivos CSV generados por participante.

Según [9] la resistencia de la piel decrece durante periodos de relajación y debería incrementarse durante actividades que generen estrés. De hecho, se ha observado la presencia de picos durante la actividad estresante. Esto ha sido realizado durante un experimento cuyo protocolo (fases pre, peri y post-estrés) es muy parecido al nuestro, por lo tanto, se espera obtener resultados muy similares. Ver Fig. 8.

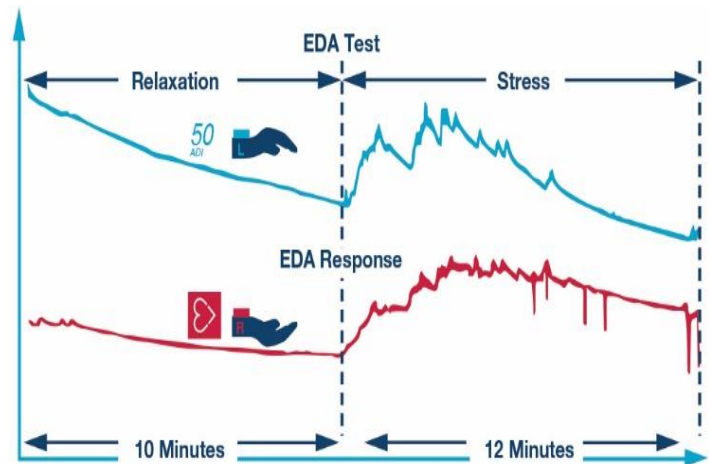


Fig. 8. Variable EDA durante relajación y estrés. Tomado de [9].

III. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL DE LA PRUEBA PILOTO

La investigación realizada correspondiente a la prueba piloto es de tipo explicativa con diseño experimental de dos niveles de variable independiente: presencia y ausencia de estresor; mientras que la variable dependiente es la manifestación fisiológica de estrés en HR, BPsis/días y EDA. El planteamiento del problema responde a las preguntas: (a) ¿Existe diferencia entre los grupos experimental y control en las medidas HR, BPsis/días y EDA? (b) ¿Existe relación entre las mediciones HR, BPsis/días y EDA? Partiendo de las hipótesis nulas de igualdad y de no relación.

1) Participantes: Se contó con ocho participantes saludables, siete mujeres y un hombre; los cuales se distribuyeron aleatoriamente en dos grupos: (a) experimental, conformado por tres personas, y (b) control, conformado por cinco personas. El rango de edades de las personas participantes fue de 19 a 27 años, todos estudiantes universitarios.

2) Instrumento: Previamente se elaboró un guión basado en el protocolo TSST (Trier Social Stress Test) de Birkett [1] para inducir estrés psicológico; con las adaptaciones pertinentes. Dicho protocolo mide la presencia de cortisol en la salivación, por lo cual los tiempos dedicados a cada etapa del experimento son extensos. Para el presente estudio, se adaptaron las etapas y el tiempo destinado a cada una se acortó al mínimo posible. Para el desarrollo del experimento



se hizo uso de una cámara Gesell, en donde el dispositivo conectado al participante se encuentra en la sala de experimentación; y el computador que lo controla se ubica en la sala de observación, junto a los investigadores observadores. Únicamente la persona investigadora de experimentación tuvo contacto con los y las participantes en la sala respectiva.

La prueba piloto del experimento se desarrolló en cinco etapas, las cuales se detallan a continuación. La prueba piloto del experimento se desarrolló en cinco etapas, las cuales se detallan a continuación.

Etapas I. STAI (1). Cada participante respondió a la Escala de Ansiedad Estado-Rasgo STAI, previo a su participación, para monitorear la percepción subjetiva de su estado emocional respecto al estrés. Ninguna persona obtuvo un resultado de estado o de rasgo de ansiedad significativo en esta etapa ni en la etapa V.

Etapas II: Pre estrés. A cada participante se le presentó un estímulo relajante de un video de la naturaleza y la canción “Weightless” por Marconi Union, “*catalogada como la canción más relajante*”, dirigida por Lewis-Hodgson en 2017 [6]. Pasados seis minutos, se toma la primera medición de las tres variables.

Etapas III: Exposición a estrés. Se procedió a exponer a los participantes del grupo experimental a situaciones estresantes, según el protocolo TSST: a través de una entrevista laboral y ejercicios aritméticos, restando siete comenzando desde 100. Una vez finalizadas ambas actividades, se toma la segunda medición.

Con los participantes del grupo control, únicamente se retira el estímulo relajante y pasado cerca de cinco minutos, se toma las segundas mediciones.

Etapas IV: Post estrés. Esta etapa se desarrolló únicamente con el grupo experimental. Nuevamente se presenta el estímulo audiovisual y pasados seis minutos, se toma la tercera medición de variables fisiológicas.

Etapas V. STAI (2). Cada participante resuelve nuevamente la escala STAI. Ninguna persona obtuvo resultados significativos en estado o rasgo de ansiedad.

IV. RESULTADOS

Por medio de una *t* de Student para muestras independientes se identificó que la manifestación de estrés en BPsis es significativamente mayor en el grupo experimental sometido al estrés, que en el grupo control. Resultados similares se identificaron en la BPdias*. Ver la Tabla 1

Tabla 1. Resultados *t* de Student: Experimental-Control.

Presiones	Estrés	Control
BP Sis.	114(3.6)	89(7.3) **
BP Dias.	78(3.4)	63(5.2)

* $p < .05$; BP Sis. $t(6) = -5.4$, BP Dias., $t(6) = -4.3$

** Media (DE)

La diferencia entre el grupo control y el grupo sometido a estrés denota que, en efecto, las mediciones de BPsis y BPdias reflejan la presencia de estrés. Al observar el valor medio y de desviaciones típicas es fácil apreciar el aumento en la BP durante la situación de estrés. Mientras que, en ausencia de estresores, BP continúa similar al estado de relajación pre estrés (etapa detallada en apartado posterior). En las mediciones de HR la significancia es de .079, por lo cual la diferencia es muy leve como para ser considerada. En EDA no se encontraron diferencias significativas entre el grupo experimental y el control con $p < .05$. Dichos resultados también se presentan de forma muy similar en el estadístico equivalente no paramétrico de Mann-Whitney, con $p < .05$.

Por medio de una *t* de Student para muestras relacionadas se comprobó la variación dentro del grupo experimental entre las etapas pre, durante y post estrés. Los resultados obtenidos reflejan diferencias significativas únicamente en la BP sistólica, siendo mayor el valor durante la exposición al estrés (M=114, DE=3.6) frente a la etapa posterior (M=101, DE=5.5); con un valor $t(2)=11.2$, $p < .05$. No se encontraron diferencias significativas en las mediciones HR, BP diastólica ni EDA. Por medio del estadístico equivalente no paramétrico, la prueba de rangos con signo de Wilcoxon, pese a no mostrar significancia menor a .05, todas las combinaciones de pares muestran rangos de diferencia de 3 y en pocos casos, de 2. Es decir, se reconoce la variabilidad, así sea leve, de los resultados obtenidos por los tres participantes del grupo experimental sometidos a estrés, frente a las etapas pre y post estrés. No se identificaron más diferencias o rangos significativos en HR, BPdias o EDA.

Se compararon las etapas pre y post estrés para confirmar que ambas resultan en mediciones similares y, en efecto, ambas mediciones fueron iguales, obteniendo $p = .42$ en HR, $p = .33$ en BPsis, $p = .66$ en BPdias; y $p = .45$ en EDA.

Diferencias pre estrés y segunda medición (ausencia de estresor) del grupo control. Como se ha mencionado, con el grupo control únicamente se retira el estímulo relajante de la etapa II y pasados unos minutos se realiza la segunda medición. Por medio de una *r* de Pearson se identificaron fuertes relaciones positivas entre una etapa y otra en los tres tipos de medición: HR, $r(5) = .85$, $p < .05$; BPsis, $r(5) = .97$, $p < .05$; BPdias, $r(5) = .92$, $p < .05$; EDA, $r(5) = .98$, $p < .05$. Esto quiere decir que la tendencia de puntajes en la etapa de relajación y la de ausencia de estrés es **igual**, lo cual era lo esperado para el grupo control. A través de una *t* de Student para muestras relacionadas, se presentan diferencias únicamente en BPsis, con valor $t(4)=3.5$, $p < .05$; teniendo la etapa de relajación un promedio levemente mayor (M=91, DE=7) que la de ausencia de estresor (M=89, DE=7). Esto podría explicarse por ser la primera etapa en la que los y las participantes tienen el dispositivo colocado, y esto genera nerviosismo. Las demás mediciones no muestran ninguna diferencia significativa (HR, $p = .84$; BPdias, $p = .1$; EDA, $p = .93$), lo cual era lo esperable dentro del grupo control.



Relación entre mediciones. Con el fin de determinar la relación entre las mediciones HR, BPsis/días y EDA, se utilizó una r de Pearson, la cual refleja los resultados mostrados en la Tabla 2.

Tabla 2. Resultados r de Pearson entre mediciones.

Medición	HR	BPsis	BPdías	EDA
HR	1	0.08	-0.18	-0.80*
BPsis		1	0.83**	-0.29
BPdías			1	-0.14
EDA				1

* $p < .05$

** $p < .001$

Como es de esperar, la mayor correlación existe entre las sub mediciones de BP, sistólica y diastólica, siendo esta positiva. Sin embargo, es evidente la fuerte relación negativa existente HR y EDA, mientras HR sube, los resultados en EDA tienden a bajar; y viceversa. Estos resultados son los esperados.

V. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Existe suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula de igualdad entre los grupos experimental y control. Las diferencias significativas se encontraron principalmente en la BP sistólica y diastólica.

Esto podría explicarse debido a que las variaciones en EDA son frecuentes, de persona a persona, incluso sin someterse a estados de relajación o estrés. Los datos reflejan que, difícilmente, se encuentra una cifra promedio de actividad electrodérmica, pues esta varía por múltiples condiciones individuales. Siendo así, los estadísticos no son sensibles a la diversidad de actividad electrodérmica individual, por lo que, aun presentando diferencias entre grupos, no pueden ser calificadas como significativas por la variación intra grupos.

La medición de HR, si bien el dispositivo posee electrodos que toman un ECG, en esta prueba piloto no fue posible utilizar los datos directos del ECG, sino que se utilizó como HR el dato obtenido del pulso que brinda el tensiómetro. Siendo así, la medición de pulso se hace alrededor de medio a un minuto después del ECG real, por lo cual es posible asumir que ha habido cambios entre la toma del ECG y la del pulso por el tensiómetro. Siendo más fiel la medición a través de ECG, una vez el equipo de investigación sea capaz de procesar los datos directos, se realizarán las inferencias a partir de esos resultados; y se plantea la posibilidad de encontrar diferencias más significativas en la medición de HR.

La prueba piloto únicamente se realizó con ocho personas pues desertaron cinco del total de confirmadas. Este número afectó de forma importante a los resultados y a la distribución de los grupos, sin embargo, por la logística seguida y la selección de los y las participantes previo al experimento, no fue plausible incluir a más personas. Con una muestra mayor, los resultados en pruebas t podrían reflejar mayor significancia.

La relación entre mediciones pareciera no ser significativa, pues únicamente tienen relación entre ellas BPsis con BPdías; y HR con EDA. Idealmente, todas deberían reflejar relación entre ellas. Por el momento, esto explicaría por qué únicamente las diferencias encontradas se manifiestan en BP en general, pues HR y EDA, aunque entre ellas se relacionan, los sensores no son totalmente sensibles a la variabilidad dentro de los grupos (por múltiples condiciones individuales) como para reflejar la diferencia entre ellos.

La experimentación continuará con los detalles observados en la presente, con una muestra de aproximadamente 60 participantes. Sin embargo, En general, es posible concluir que el dispositivo elaborado sí responde a las variables fisiológicas que son manifestadas en situaciones de estrés. Esto ha sido evidente en las comparaciones entre etapas dentro de cada grupo. En el grupo experimental, mostrando diferencias la etapa pre estrés con la exposición al estrés; mientras que en el grupo control, manifestando igualdad. Con esto, es posible concluir que el estresor dio resultado en la experimentación, como también, que el dispositivo se muestra sensible a dicho estrés.

El uso de herramientas electrónicas e informáticas para la investigación es de gran utilidad debido a la fidelidad de la información que se recoge. También, permite el evitar errores humanos de tipo procedimental al poseer los sensores adecuados para cada medición, en lugar de recurrir a métodos de conteo por tacto del HR o la BP. Asimismo, la construcción del dispositivo utilizado en la presente, como también el software elaborado para su uso, son herramientas de alto valor investigativo no solo en las ciencias sociales y de salud, sino también para el desarrollo de las ciencias físicas.

REFERENCIAS

- [1] Birkett, M.A. (2011). The Trier Social Stress Test Protocol for Inducing Psychological Stress. *Journal of Visualized Experiments*, (56), e3238, doi: 10.3791/3238
- [2] Francis, M. E., & Pennebaker, J. W. (1992). Putting Stress into Words: The Impact of Writing on Physiological, Absentee, and Self-Reported Emotional Well-Being Measures. *American Journal of Health Promotion*, 6(4), 280–287. doi: <https://doi.org/10.4278/0890-1171-6.4.280>
- [3] García, S.M, Garzón, L. & Camargo, L.H. (2011). Revisión de dispositivos electrónicos para la determinación de estrés a partir de variables fisiológicas, *Revista Visión Electrónica*, 1, 114-122. Recuperado de: <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/visele/article/view/3521/5082>
- [4] Hjortskov, N., Rissén, D., Blangsted, A.K., Fallentin, N., Lundberg, U. & Søgaard, K. (2004). The effect of mental stress on heart rate variability and blood pressure during computer work, *European Journal of Applied Physiology*, 92(1-2), 84-89. doi: <https://doi.org/10.1007/s00421-004-1055-z>
- [5] Kim, H.G., Cheon, E.J., Bai, D.S., Lee, Y.H. & Koo, B.H. (2018). Stress and Heart Rate Variability: A Meta-Analysis and Review of the Literature, *Psychiatry Investigation*, 15(3), 235-245. doi: <https://doi.org/10.30773/pi.2017.08.17>



- [6] Lewis-Hodgson, D. (2017). Relaxation & Music Lab/Research Study. Recuperado de: https://www.iworx.com/documents/newsletter/July17/locked-RelaxingMusic_Lab.pdf
- [7] Mojica-Londoño, A.B. (2017). Actividad electrodérmica aplicada a la psicología: análisis bibliométrico, Revista Mexicana de Neurociencia, 18(4), 46-56. Recuperado de: [http://revmexneuroci.com/wp-content/uploads/2017/09/RevMexNeuroci_2017_18\(4\)-46-56-\(R\).pdf](http://revmexneuroci.com/wp-content/uploads/2017/09/RevMexNeuroci_2017_18(4)-46-56-(R).pdf)
- [8] Shiung, L. et al (2015). Classifying Stress From Heart Rate Variability Using Salivary Biomarkers as Reference, IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems. Doi:10.1109/TNNLS.2015.2468721
- [9] Calpe, L., Conchell, J.C. Design, development and evaluation of a System to obtain Electrodermal Activity. Artículo técnico publicado en Analog Devices.